CGMS - MAROC
Système national de suivi agrométéorologique de la campagne agricole et de prédiction des rendements céréaliers

ROYAUME DU MAROC
Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime
Direction de la Stratégie et des Statistiques

المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

MAROC METEO
Direction de la Météorologie Nationale

WWW.CGMS-MAROC.MA/CGMS-MA

MANUEL D'UTILISATION

Riad BALAGHI
Tarik EL HAIRECH
Mostafa TAHRI
Mouanis LAHLOU

Avril 2013

E-AGRI
E-Agriculture

CONTENU

1. Introduction....1

1.1. Objectif de www.cgms-maroc.ma/cgms-ma....2

1.2. Équipe de travail....2

1.3. Coopération internationale :....3

2. Utilisation de www.cgms-maroc.ma/cgms-ma....4

2.1. Visualisation et analyse cartographique des données climatiques....4

2.2. Analyse de similarité de la campagne agricole en cours....8

2.2.1. Principe de l'analyse....8

2.2.2. Réalisation de l'analyse....8

2.2.3. Affichage du résultat de l'analyse....9

2.3. Visualisation de l'historique des données....11

3. Références....13

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte « GlCropV2 » des terres agricoles (en vert) réalisée pour le Maroc, à une résolution spatiale de 250 mètres, dans le cadre du projet E-AGRI (Tiré de Balaghi et al., 2012). 6

Figure 2: Visualisation cartographique de la pluviométrie cumulée à partir de septembre pour les grilles se trouvant dans les zones agricoles. 7

Figure 3: Visualisation cartographique de la pluviométrie cumulée à partir de septembre pour les provinces se trouvant dans les zones agricoles. 8

Figure 4: Analyse de similarité de la campagne agricole 2012-2013, à partir de la pluviométrie cumulée du 1er octobre 2012 au 1er avril 2013.....10

Figure 5: Résultat graphique de l'analyse de similarité de la campagne agricole 2012-2013, à partir de la distribution intra-annuelle de la pluviométrie cumulée du 1er octobre 2012 au 1er avril 2013.....10

Figure 6: Résultat graphique de l'analyse de similarité de la campagne agricole 2012-2013, à partir de la pluviométrie totale cumulée du 1er octobre 2012 au 1er avril 2013. 11

Figure 7: Visualisation et sauvegarde des données météorologiques de la campagne agricole en cours. 12

Figure 8: Visualisation et sauvegarde du graphique des données météorologiques de la campagne agricole en cours.....12

1. INTRODUCTION

Un système national de suivi de la campagne agricole et de prédiction agrométéorologique des récoltes céréalières, appelé « **CGMS-MAROC** » (*Crop Growth Monitoring System – Maroc*), a été initié par l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), dans le cadre du projet E-AGRI. Le **CGMS-MAROC** est piloté par l'INRA et géré en consortium formel avec la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) et la Direction de la Stratégie et des Statistiques (DSS). Le développement de **CGMS-MAROC** a été possible grâce à une collaboration technologique avec des institutions de recherche internationales, à savoir : l'Institut Flamand pour la Recherche et la Technologie (VITO), le Centre de Recherche Commun de l'Union Européenne (JRC), l'Institut de Recherche de l'Université de Wageningen (Alterra) et l'Université de Milan (UNIMI). Le **CGMS-MAROC** est ainsi le premier système opérationnel de suivi de la campagne agricole et de prédiction agrométéorologique des récoltes céréalières au Maroc, institutionnalisé par un partenariat stratégique qui permet son développement et sa pérennisation.

Le **CGMS-MAROC** surveille le développement des cultures, à partir des conditions météorologiques, des caractéristiques des sols, des paramètres des cultures et de l'imagerie satellitaire.

Le **CGMS-MAROC** est constitué de trois niveaux :

1. **Niveau 1** : La collecte des données météorologiques et leur interpolation sur une grille carrée, de 9x9 km de superficie, disponible sur tout le territoire national ;
2. **Niveau 2** : La simulation de la croissance des cultures, par plusieurs modèles de simulations agrométéorologiques, grâce à la plate-forme BioMA ;
3. **Niveau 3** : La prédiction des récoltes à partir d'une approche combinée, mettant à contribution des analyses statistiques paramétriques et non paramétriques des données météorologiques, des données de simulation et des données satellitaires.

Rôle des institutions nationales en charge de CGMS-MAROC :

- **L'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) est responsable de :**
  - La collecte et la fourniture des données agronomiques nécessaires à la calibration du système au Niveau 2 de **CGMS-MAROC** ;
  - La contribution avec la DMN et la DSS à l'analyse statistique des scénarios de prédiction des récoltes au Niveau 3 de **CGMS-MAROC** ;
  - L'analyse des données issues de l'imagerie satellitaire pour la prédiction des rendements agricoles au Niveau 3 de **CGMS-MAROC**.
- **La Direction de la Stratégie et des Statistiques (DSS) est responsable de :**
  - La collecte et la fourniture des données sur les superficies et les rendements agricoles nécessaires au bon fonctionnement de **CGMS-MAROC** ;
  - L'estimation des superficies agricoles par le traitement des images satellitaires et les enquêtes de terrain.

- **La Direction de la Météorologie Nationale (DMN) est responsable de :**
  - L'hébergement et de la maintenance informatique de **CGMS-MAROC** au profit des trois institutions ;
  - L'interpolation des données climatiques du réseau des stations météorologiques et l'utilisation de ces données interpolées au Niveau 1 de **CGMS-MAROC**.

Afin de permettre une utilisation facile de **CGMS-MAROC** et un partage de l'information agrométéorologique générée aux Niveaux 1 et 2 de ce système par les institutions partenaires (INRA, DMN et DSS), une application Web www.cgms-maroc.ma/cgms-ma a été réalisée. Cette application permet de suivre l'état de la campagne agricole au moyen de la visualisation, en temps réel, des données climatiques, NDVI issues de différents capteurs satellitaires (SPOT-Vegetation, MODIS-Terra, NOAA-AVHRR) et de modélisation par différents modèles de simulation (Wofost, Cropsyst, etc.). Elle permet également de procéder à des analyses agroclimatiques afin de prédire les rendements céréaliers.

1.1. OBJECTIF DE WWW.CGMS-MAROC.MA/CGMS-MA

L'application Web www.cgms-maroc.ma/cgms-ma permet de suivre l'état météorologique de la campagne agricole, à partir des outils et données développés aux Niveau 1 et 2 de **CGMS-MAROC**. Elle permet également de comparer les conditions météorologiques de la campagne en cours par rapport à la base de données historiques. Il est prévu de l'étoffer, dans le futur proche, des capacités offertes par le Niveau 2 de **CGMS-MAROC**.

1.2. ÉQUIPE DE TRAVAIL

Coordination et gestion du projet : Institut National de la Recherche Agronomique
Riad BALAGHI riad.balaghi@gmail.com

Gestion et traitement des données climatiques :
Rachid SEBBARI sebbari@gmail.com
Tarik El HAIRECH tarik.elhairech@gmail.com
Meriem ALAOURI (meriemalaouri@gmail.com)
Fatima Zohra EL GUELAI (faty.elguelai@gmail.com).

Gestion et traitement des données agricoles :
Redouane ARRACH r.arrach@gmail.com
Mostafa TAHRI tahrimostafa@gmail.com
Hafida BOUAOUDA hafida.bouaouda@gmail.com

Gestion et traitement des images satellitaires :
Hamid MAHYOU mahyouh@yahoo.com

Gestion et traitement des données pédologiques :
Rachid MOUSSADEK rachidmoussadek@yahoo.fr
Samira ISMAILI ismaili.samira@gmail.com

Analyses géostatistiques :
Ahmed DOUAIK ahmed_douaik@yahoo.com

Modélisation physiologique :
Hassan OUABBOU hassan.ouabbou@gmail.com
Sliman ELhani sliman_elhani@yahoo.fr
Rachid HADRIA r.hadria@gmail.com
Hassan BENAOUDA hbenaouda_inra@yahoo.fr
Mohammed JLIBENE jlibene.mohammed@gmail.com

Modélisation phytopathologique :
Saadia LHALOUI slhaloui@yahoo.com

Développement Web :
Mouanis LAHLOU mouanis.lahlou@gmail.com

Maintenance réseau :
Otman SEBBATA sebbata@inra.org.ma

1.3. COOPÉRATION INTERNATIONALE :

Joint Research Centre (JRC)
Mohamed EL AYDAM Mohamed.EL-AYDAM@ec.europa.eu
Bettina BARUTH bettina.baruth@jrc.it

Vlaamse instelling voor technologisch onderzoek (VITO)
Qinghan DONG qinghan.dong@vito.be
Herman EERENS herman.eerens@vito.be

Alterra - Wageningen University (Alterra)
Allard DE WIT Allard.dewit@wur.nl
Raymond VAN DER WIJNGAART Raymond.vanderWijngaart@wur.nl
Steven HOEK Steven.Hoek@wur.nl

Università degli Studi di Milano (UNIMI)
Roberto CONFALONIERI roberto.confalonieri@unimi.it
Caterina FRANCONE caterina.francone@unimi.it

2. UTILISATION DE WWW.CGMS-MAROC.MA/CGMS-MA

L'application Web www.cgms-maroc.ma/cgms-ma permet de visualiser les données météorologiques (pluviométrie, température moyenne, température maximale, température minimale, rayonnement, évapotranspiration) et NDVI courantes et historiques. Elle permet également de réaliser plusieurs types d'analyses agrométéorologiques, à différentes échelles temporelles (jour, décade, mois) et spatiales (tout le pays, provinces, communes et grilles climatiques).

2.1. VISUALISATION ET ANALYSE CARTOGRAPHIQUE DES DONNÉES CLIMATIQUES

Le premier onglet « **Cartographie** » permet de visualiser et d'analyser spatialement les données climatiques et NDVI, à l'échelle du pays, des provinces, des communes ou bien des grilles.

La première étape consiste à sélectionner la variable climatique à visualiser ou à analyser. Les variables disponibles sont : (1)

- *pluviométrie*
- *température moyenne*
- *température maximale*
- *température minimale*
- *rayonnement*
- *évapotranspiration*
- *indice ombrothermique*

La seconde étape consiste à sélectionner la statistique à afficher : (2)

- *moyenne*
- *maximum*
- *minimum*
- *cumul*

Visualisation des variables

- *écart par rapport à la moyenne à long terme*
- *écart par rapport à la moyenne des 10 dernières années*
- *écart par rapport à l'année précédente*
- *écart par rapport à une année de référence*

Analyse des variables

Lorsque le cumul est sélectionné, il faut choisir dans la rubrique « Temporel » les dates de début et de fin de la période sur laquelle le cumul sera effectué: (5)

Lorsque « **l'écart par rapport à une année de référence** » est sélectionné, il faut choisir l'année de référence : (6)

La troisième étape consiste à sélectionner l'échelle spatiale de visualisation ou d'analyse des variables : (3) Les échelles disponibles sont le pays tout entier, les provinces, les communes et les grilles de 9x9 km. Les valeurs affichées aux échelles du pays, des provinces ou des communes sont égales aux moyennes des grilles se trouvant à l'intérieur de leurs limites géographiques.

La quatrième étape consiste à décider si la visualisation ou l'analyse concernera tout le pays ou bien uniquement ses zones agricoles: (4) Dans le cas où le bouton « **Zones agricoles** » est activé, uniquement les grilles se trouvant à l'intersection des zones agricoles sont prises en compte dans le calcul des variables climatiques. Les grilles ne se trouvant pas dans les zones agricoles sont ignorées. Les zones agricoles ont été cartographiées à une résolution spatiale de 250 mètres, à partir du masque « GlCropV2 », spécifiquement élaborée pour le Maroc dans le cadre du projet E-AGRI (Figure 1). Ce masque a été élaborée à partir de différentes sources d'occupation des terres : GlobCover V2.2, CORINE-2000, AfriCover[1], les données SADC (Southern African Development Community, http://www.sadc.int/) et l'Intensité d'Utilisation des Terres Agricoles développée par l'USGS.

[1] Le but du projet Africover est d'établir une base de données numérique géo-référencée sur la couverture terrestre et un référentiel géographique pour l'ensemble de l'Afrique, y compris: Géodésique référentiel, toponymie, routes, hydrographie. La base de données polyvalente Africover pour les ressources environnementales est produite à une échelle 1:200.000 (1:100.000 pour les petits pays et les zones spécifiques). www.africover.org/.

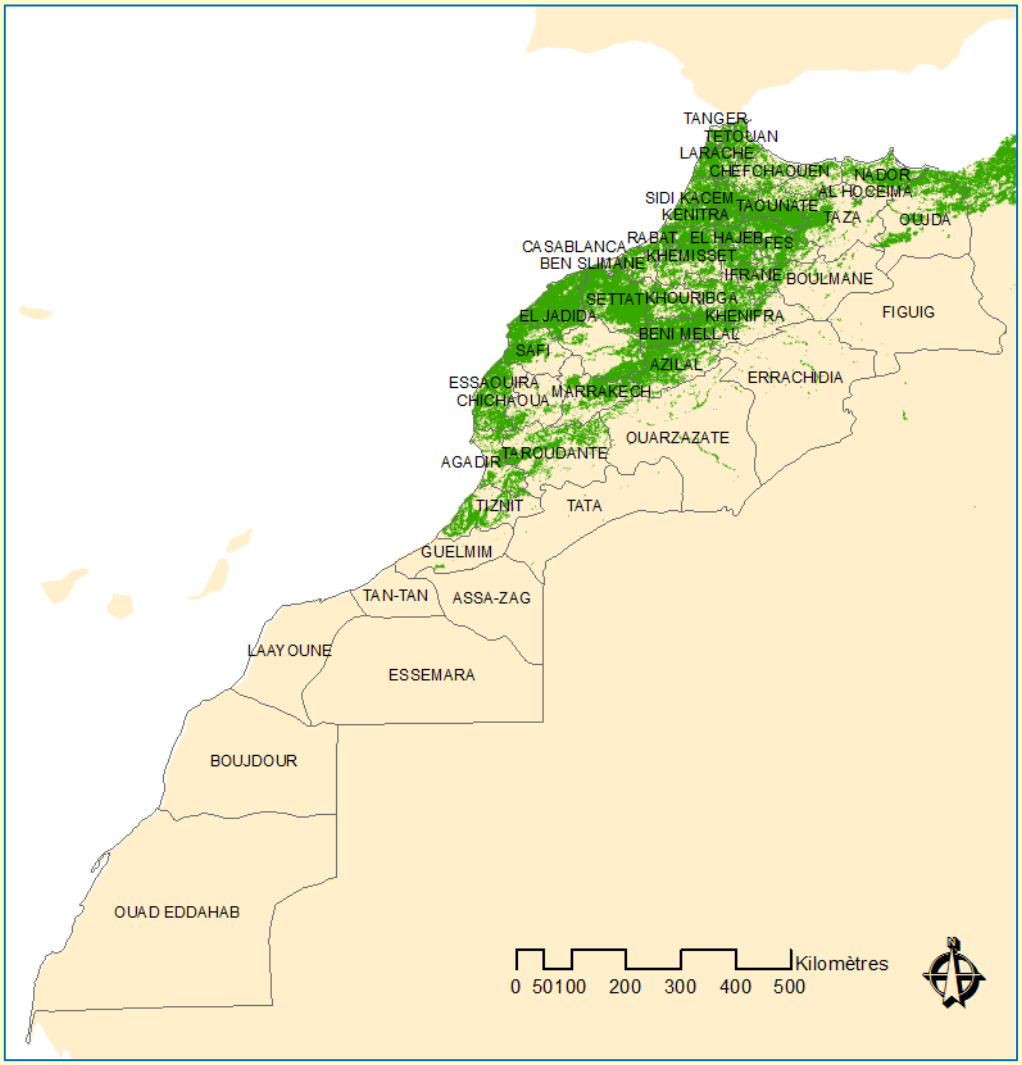

Figure 1 : Carte « GlCropV2 » des terres agricoles (en vert) réalisée pour le Maroc, à une résolution spatiale de 250 mètres, dans le cadre du projet E-AGRI (Tiré de Balaghi et al., 2012).

Il est plus logique d'activer le bouton « **Zones agricoles** » de manière à obtenir des analyses agrométéorologiques qui ont un sens du point de vue agricole. En effet, si ce bouton n'est pas activé, les statistiques calculées aux échelles des communes, des provinces et surtout du pays tout entier, reflèteront également les conditions météorologiques prévalant au-dessus des zones non agricoles. En particulier, la moyenne pluviométrique nationale sera inférieure à la valeur des zones agricoles, car elle contiendra les zones sahariennes ou pastorales de l'Oriental.

Le bouton « **Actualiser la carte** » permet de visualiser la carte. La légende est affichée également en (7)

Dans la Figure 2 est montrée, à titre d'exemple, la pluviométrie cumulée du 1er septembre 2012 au 31 mars 2013 au Maroc, sur toutes les grilles se trouvant dans les zones agricoles du pays. Les autres grilles ont été ignorées, car le bouton « **Zones agricoles** » a été activé. La figure ainsi réalisée peut être sauvée en format image, en cliquant sur le bouton « **Exporter** », dans le menu en haut de la carte.

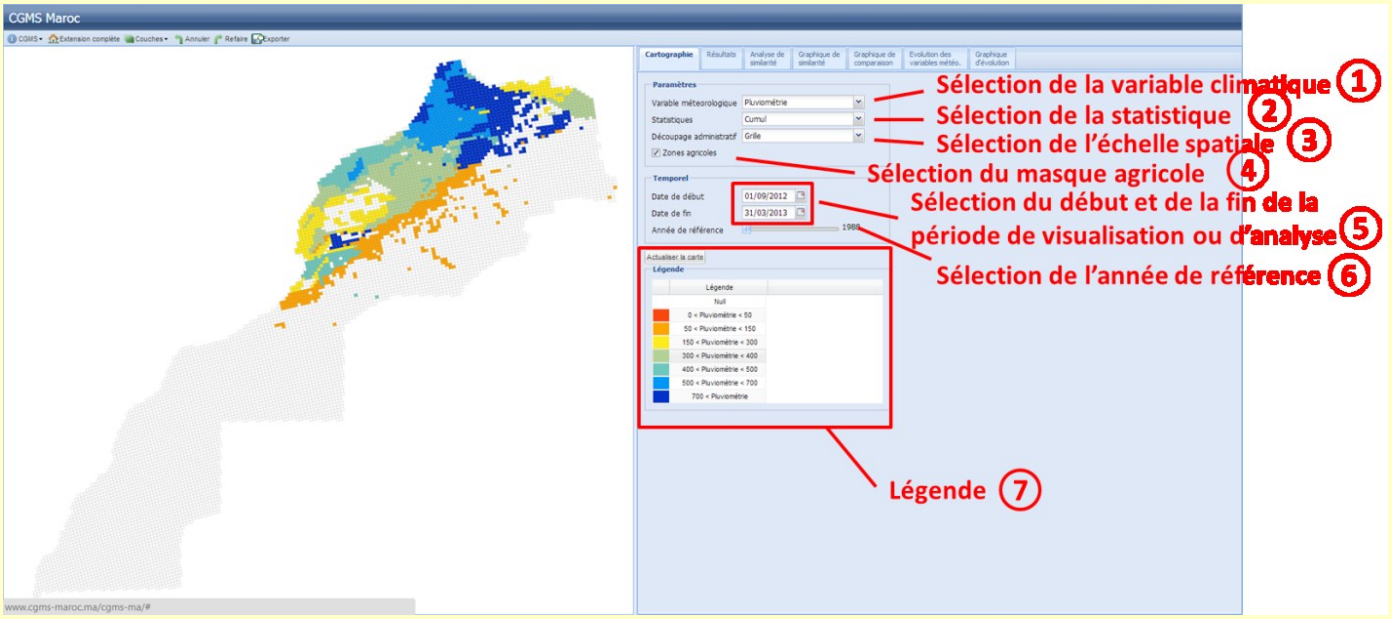
CGMS Maroc
Sélection de la variable climatique 1
Sélection de la statistique 2
Sélection de l'échelle spatiale 3
Sélection du masque agricole 4
Sélection du début et de la fin de la période de visualisation ou d'analyse 5
Sélection de l'année de référence 6
Légende 7

Figure 2: Visualisation cartographique de la pluviométrie cumulée à partir de septembre pour les grilles se trouvant dans les zones agricoles.

L'onglet « **Résultats** » permet de visualiser et de sauvegarder les valeurs des différentes variables météorologiques sélectionnées, lorsque les échelles, pays, provinces ou communes sont sélectionnées. La sauvegarde est possible en cliquant sur le bouton 9 La sauvegarde se fait dans un format compatible avec le tableur Excel.

La visualisation et la sauvegarde ne sont cependant pas possibles pour les grilles en raison du volume de données à afficher et sauvegarder. Dans la Figure 3 les provinces sahariennes apparaissent sans couleur, car le bouton « **Zones agricoles** » a été activé. Les provinces sahariennes n'apparaissent donc pas non plus dans le tableau visualisé à partir de l'onglet « **Résultats** ».

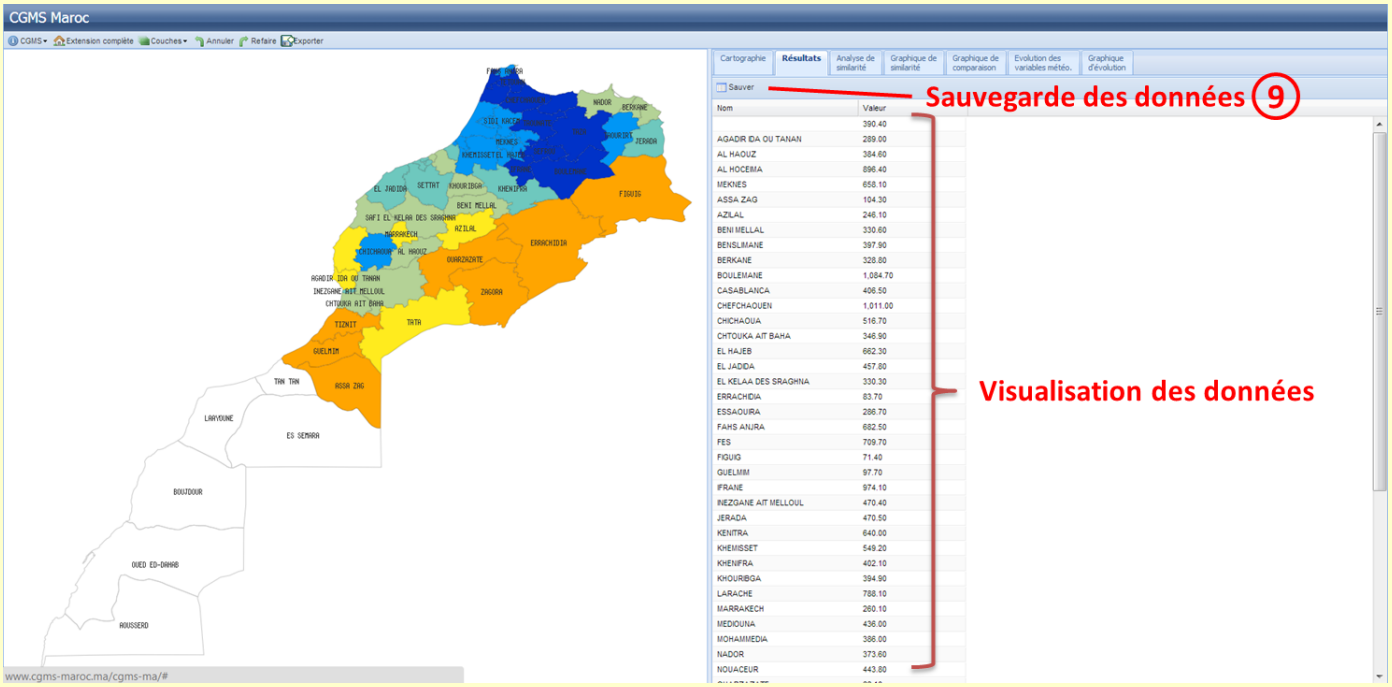

Figure 3: Visualisation cartographique de la pluviométrie cumulée à partir de septembre pour les provinces se trouvant dans les zones agricoles.

2.2. ANALYSE DE SIMILARITÉ DE LA CAMPAGNE AGRICOLE EN COURS

2.2.1. PRINCIPE DE L'ANALYSE

L'analyse de similarité (ou par analogie[2]) est un moyen efficace, rapide et facile de prédiction des rendements céréaliers. L'analyse de similarité consiste à retrouver, parmi les campagnes agricoles passées, celles qui ressemblent, du point de vue agro-climatique, à la campagne pour laquelle on veut prédire le rendement agricole. C'est une méthode d'analyse statistique qui suppose que le résultat de la campagne agricole en cours sera égal à celui ou celles des campagnes précédentes dont les conditions agro-climatiques sont similaires. Cette approche n'a donc de sens que si, dans l'historique disponible, il existe des campagnes plus ou moins similaires. Il est indispensable pour cela de disposer des séries chronologiques les plus longues possibles afin d'englober la plus grande diversité possible de situations agro-climatiques (pour plus de détails sur la méthodologie, voir Balaghi et al., 2012).

2.2.2. RÉALISATION DE L'ANALYSE

[2] Le concept d'analyse par analogie est utilisé par les météorologues pour la prévision quantitative des précipitations. Le concept part de l'hypothèse que l'évolution de l'atmosphère n'est pas aléatoire mais qu'elle est régie par des lois physiques. Donc, si on connait l'état initial, on peut en déduire l'état futur. À partir de là, on peut prévoir le climat à partir de modèles qui peuvent être déterministes, probabilistes ou analogiques. Lire la thèse de Bontron (2004) à ce sujet.

L'analyse de similarité commence par le choix de la variable agrométéorologique (10) sur la base de laquelle on veut effectuer l'analyse. Il faut ensuite choisir si l'analyse doit être réalisée sur les valeurs ponctuelles ou cumulées de la variable sélectionnée (11). Il est possible, en fonction de la précision recherchée de réaliser l'analyse sur les valeurs mensuelles, décadaires ou journalières de la variable sélectionnée (12). L'analyse de similarité peut être réalisée à différentes échelles spatiales (pays, région, province, commune). Si rien n'est sélectionné en (13) l'analyse se fera à l'échelle du pays. Lorsque la région est sélectionnée en (13) il est possible alors de sélectionner une province en (14) sinon l'analyse se fera pour toute la région. Lorsque la province est sélectionnée en (14) il est possible alors de sélectionner une commune en (15) sinon l'analyse se fera pour toute la province. Comme pour la visualisation cartographique, il est possible de considérer (16) l'ensemble des grilles ou bien uniquement celles qui se trouvent dans les zones agricoles. Il est possible de sélectionner la période au cours de laquelle l'analyse de similarité est réalisée (17). L'analyse de similarité est alors exécutée en appuyant sur le bouton « **Analyse** ». Dans l'exemple de la Figure 4, l'analyse de similarité est réalisée sur la base de la pluviométrie cumulée du 1er octobre 2012 au 1er avril 2013. Il a été démontré (Balaghi et al ., 2012) qu'il est préférable dans les conditions marocaines, et pour les céréales d'automne (blés et orge) de commencer l'analyse de similarité à partir du mois d'octobre bien que la saison débute en septembre. Le tableau contenant les données pluviométriques des années similaires peut être sauvegardé en cliquant sur le bouton « **Sauver** » en (18).

2.2.3. AFFICHAGE DU RÉSULTAT DE L'ANALYSE

Le résultat de l'analyse de similarité est affiché de trois manières différentes, sous forme de tableau en bas de la page Figure 4 et sous forme de deux graphiques, en allant sur les onglets « **Graphique de similarité** » (Figure 5) et « **Graphique de comparaison** » (Figure 6). Le « **Graphique de similarité** » permet d'afficher les distributions intra-annuelles de la variable agrométéorologique sélectionnée pour les 5 campagnes agricoles les plus similaires. Dans la Figure 5, sont affichées par exemple, les campagnes agricoles les plus ressemblantes du point de vue de la pluviométrie journalière cumulée du 1er octobre 2012 au 1er avril 2013, ainsi que leurs distributions pluviométriques. Dans l'ordre de similarité, on trouve les campagnes 2003-2004, 2002-2003, 1993-1994, 2010-2011 et 2008-2009. Le « **Graphique de comparaison** » permet d'afficher le total de la variable agrométéorologique sélectionnée sur la période choisie. En Figure 6, la pluviométrie totale de la campagne agricole en cours (du 1er octobre au 1er avril) est comparée aux hauteurs pluviométriques de toutes les campagnes agricoles de la série historique disponible, sur la même période. On peut alors remarquer que le total pluviométrique de la campagne en cours est compris entre celui des campagnes agricoles 2010-2011 et 2008-2009.

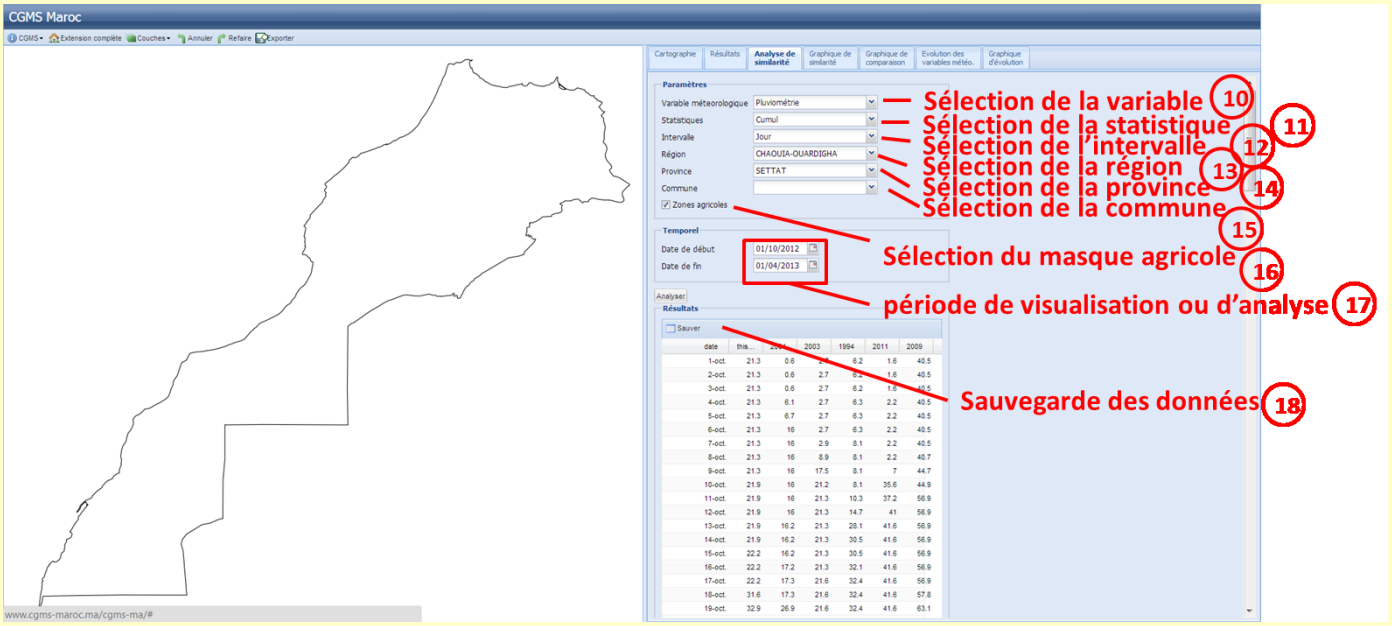
CGMS Maroc
Sélection de la variable 10
Sélection de la statistique 11
Sélection de l'intervalle 12
Sélection de la région 13
Sélection de la province 14
Sélection de la commune 15
Sélection du masque agricole 16
période de visualisation ou d'analyse 17
Sauvegarde des données 18

Figure 4: Analyse de similarité de la campagne agricole 2012-2013, à partir de la pluviométrie cumulée du 1er octobre 2012 au 1er avril 2013.

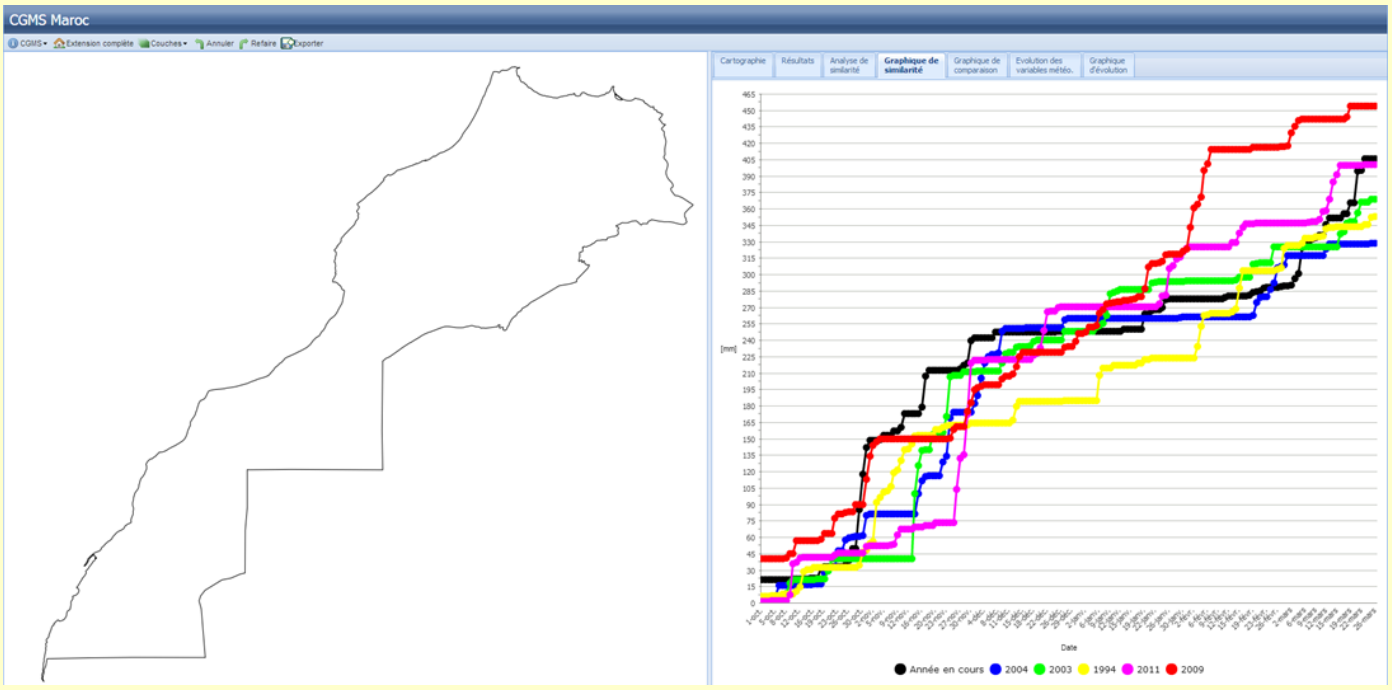

Figure 5: Résultat graphique de l'analyse de similarité de la campagne agricole 2012-2013, à partir de la distribution intra-annuelle de la pluviométrie cumulée du 1er octobre 2012 au 1er avril 2013.

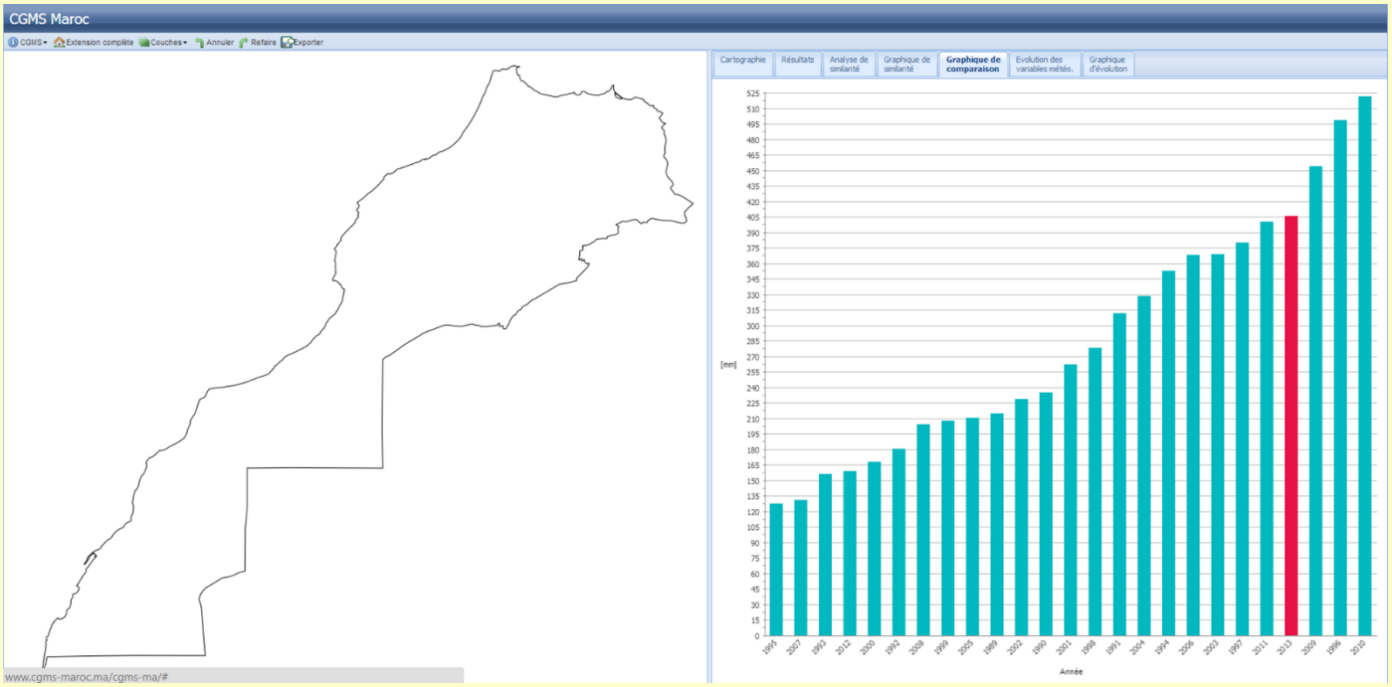

Figure 6: Résultat graphique de l'analyse de similarité de la campagne agricole 2012-2013, à partir de la pluviométrie totale cumulée du 1er octobre 2012 au 1er avril 2013.

2.3. VISUALISATION DE L'HISTORIQUE DES DONNÉES

Les données agro-climatiques de la campagne en cours (Pluviométrie, température moyenne, température maximale et température minimale, évapotranspiration potentielle et rayonnement), ainsi que celles des campagnes historiques peuvent être visualisées et sauvegardées (Figure 7). À partir de l'onglet, « **Évolution des variables météorologiques** » il est possible de sélectionner les variables à visualiser et sauvegarder. Il est possible de sélectionner les valeurs ponctuelles ou cumulées des variables (19) Il est possible également de sélectionner le pas de temps (20) la région (21) la province (22) ou la commune (23) pour laquelle on veut visualiser ou sauvegarder les données. Il est possible de considérer (24) l'ensemble des grilles ou bien uniquement celles qui se trouvent dans les zones agricoles. La période à visualiser ou sauvegarder peut être définie en (25)

En cliquant sur le bouton « **Analyser** » (27) on affiche les données sélectionnées dans le tableau en bas de la page. Par défaut toutes les variables en (26) sont affichées. L'activation du graphique en (28) permet de visualiser les données sélectionnées à partir de l'onglet « **Graphique d'évolution** » (Figure 8).

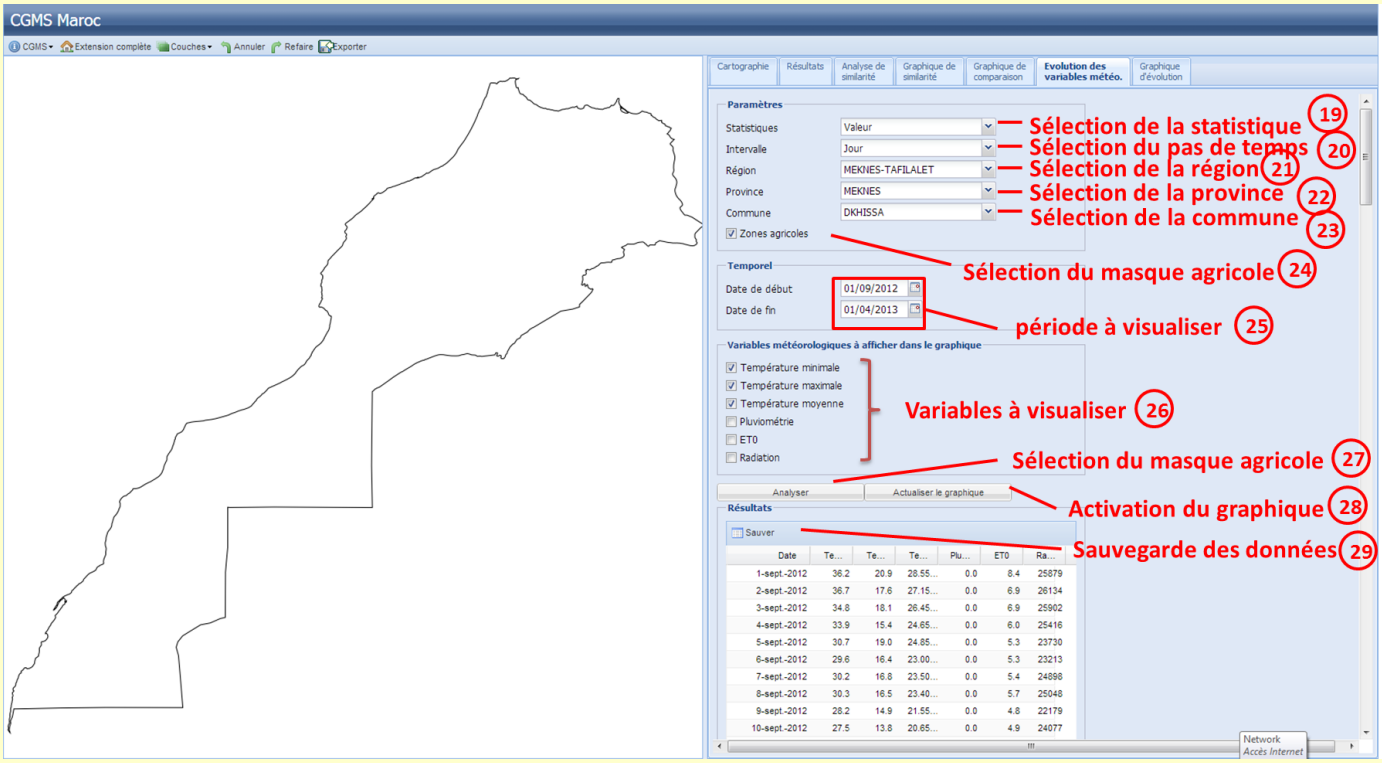
CGMS Maroc
Sélection de la statistique 19
Sélection du pas de temps 20
Sélection de la région 21
Sélection de la province 22
Sélection de la commune 23
Sélection du masque agricole 24
période à visualiser 25
Variables à visualiser 26
Sélection du masque agricole 27
Activation du graphique 28
Sauvegarde des données 29

Figure 7: Visualisation et sauvegarde des données météorologiques de la campagne agricole en cours.

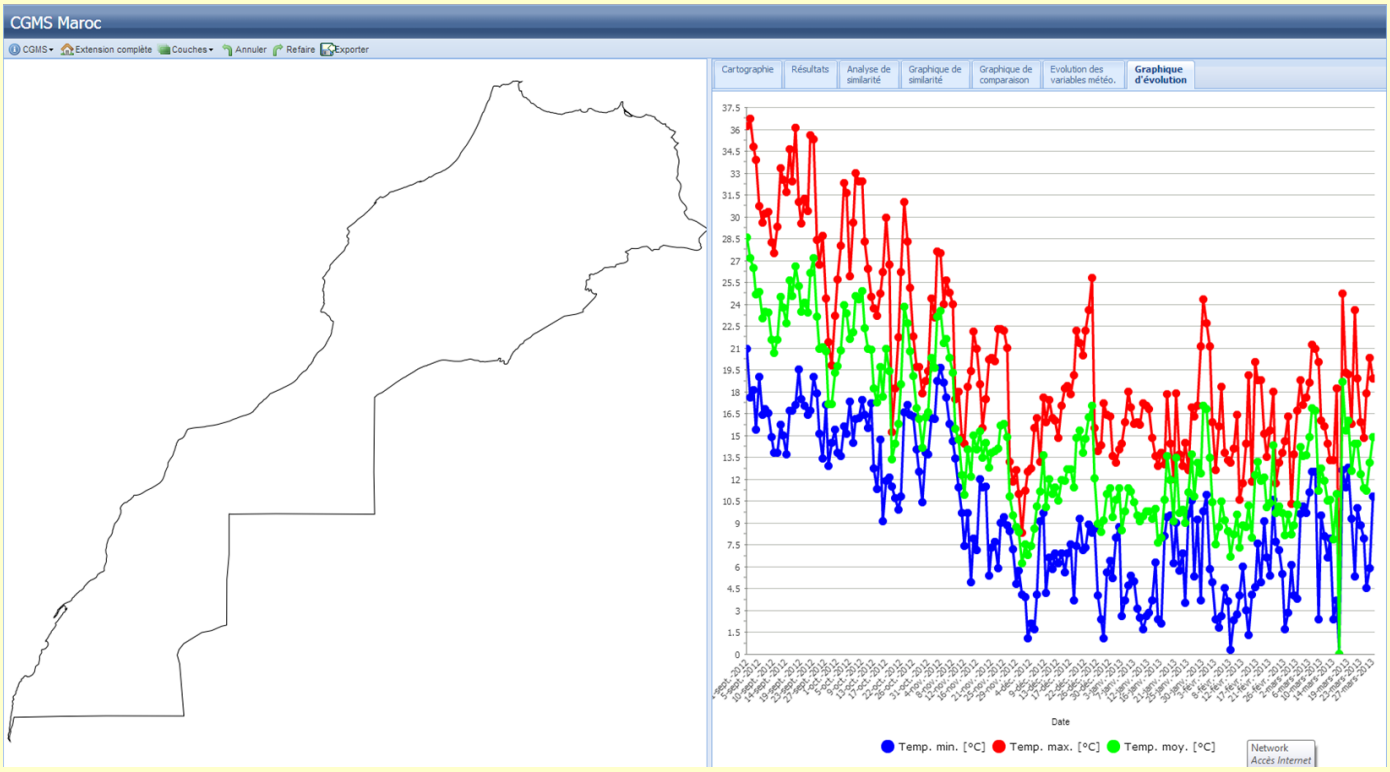

Figure 8: Visualisation et sauvegarde du graphique des données météorologiques de la campagne agricole en cours.

3. RÉFÉRENCES

Balaghi, R., Jlibene, M., Tychon, B., Eerens, H., 2012. La prédiction agrométéorologique des rendements céréaliers au Maroc. INRA, Maroc. 168p. ISBN: 978- 9954-0-6676-8. http://www.inra.org.ma/publications/ouvrages/prediction1212.pdf

Bontron, G., 2004. Prévision quantitative des précipitations : adaptation probabiliste par recherche d'analogues - utilisation des réanalyses NCEP/NCAR et application aux précipitations du sud-est de la France. http://www.lthe.fr/OHM-CV/Documents/theses/these_bontron.pdf